PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 37. 16. Juni 1900. 1. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
E. Villari, Über elektrische Ladungen und Figuren auf der Oberfläche von Crookesschen und Geisslerschen Röhren. S. 393.
K. T. Fischer, Ein neues Barometer. S. 394.
J. Stark, Gedanken über den elektrischen Ausgleich in Gasen, insbesondere über das elektrische Leuchten. S. 396.
Personalien. S. 400.
Gesuche. S. 400.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über elektrische Ladungen und Figuren auf der Oberfläche von Crookesschen und Geisslerschen Röhren.[1])

Von Emilio Villari.[2])

Crookessche Röhren laden sich negativ (—) durch Kathodenstrahlen, die auf einen beschränkten Teil ihrer Oberfläche treffen, positiv (+) durch Anodenstrahlen, die sich über ihre ganze Oberfläche hin verbreiten.

Bläst man eine Mischung von Schwefel und Mennige auf eine sphärische Crookessche Röhre, in welcher die konkave Scheibe Kathode ist, so zeigt sich an den Stellen, die vom Kathodenlicht getroffen werden, eine schöne Mennigefigur, während sich die übrige Kugel mit einer dünnen Schwefelschicht überzieht. In der Nähe der Kathode, deren Knopf mit Mennige überzogen ist, bilden sich oft rote Verästelungen. Schwefel und Mennige bleiben durch eine neutrale, reine Zone getrennt. Die kleinen Kugeln, die dazu bestimmt sind, das Glühendwerden einer Centralscheibe aus Platin und Iridium zu zeigen, werden bei Anwendung obengenannter Pulver durch die Anodenstrahlung (+), die sich über die ganze Oberfläche verbreitet, vollständig mit Schwefel überzogen, sodass die Kathodenstrahlung, wenn sie von der Centralscheibe ausgeht, auf die Seitenscheiben trifft und von ihnen, — oder umgekehrt, wenn sie von den Seitenscheiben ausgeht, von der Centralscheibe aufgehalten wird.

Legt man auf die in Aktion befindlichen Röhren einen Kupferdraht, der mit der Erde in Verbindung steht und auf den Röhren hin und her geschoben wird, und bläst die beiden Pulver darauf, so entstehen auf den Röhren Figuren, die abhängig sind von ihrer Ladung, welche durch den Draht stellenweise aufgehoben wird.

Nimmt man die selten angewandten birnförmigen Röhren, die nur geringen inneren Leitungswiderstand besitzen, und macht die mittlere Elektrode (von der das Kreuz abgenommen ist) positiv oder negativ elektrisch, so verbreitet sich die Ladung über die ganze Birnform, die infolgedessen mit Schwefel oder Mennige überzogen wird, mit Ausnahme des Scheitels, der sich mit Mennige oder Schwefel bedeckt.

Macht man in einer kleinen Röhre von grossem Leitungswiderstand das erhobene oder gesenkte Kreuz zur Anode, so verbreitet sich die Ladung + über die ganze Oberfläche, die wie im vorhergehenden Fall einen Überzug von Schwefel annimmt. Wird das gesenkte Kreuz zur Kathode gemacht, so verbreitet sich das Kathodenlicht in geringem Grade überall herum, trifft aber hauptsächlich gegen den oberen Teil der Röhre, und wird von dort nach dem unteren Teil reflektiert; es bringt dabei zwei verzweigte oscillierende Bilder zustande, die bei der Anwendung von Mennige und Schwefel schöne rote Zeichnungen hervorbringen. Wird die Scheibe zur Kathode und das Kreuz zur Anode, so verbreitet sich die Ladung + von letzterer über die Röhre, die sich völlig mit Schwefel bedeckt.

Die Art der Ladungen wurde auch mit einem Galvanometer untersucht, welches die Resultate, die sich bei Anwendung der Pulver ergeben hatten, vollständig bestätigte. Auf Geisslerschen Röhren machen sich die Ladungen nicht bemerkbar, vielleicht wegen ihrer sehr grossen Leitungsfähigkeit.

Wird in einer birnförmigen Röhre mit sehr leichtem Aluminiumkreuz dieses zur Kathode

---

1) Rend. d. Rle. Acc. dei Lincei, Maggio 1869; Rend. R. An. d. s. d. Napoli 15 Febbraio 1896.

2) Herr Villari war vor einiger Zeit so freundlich, mich darauf aufmerksam zu machen, dass er sich schon vor längerer Zeit mit Bestäubungsversuchen bei Röntgenröhren beschäftigt hatte. Meiner Bitte, für die Zeitschrift einen Auszug aus seiner Arbeit anzufertigen, hat derselbe auf das Bereitwilligste entsprochen. Durch meine eigene in den Ann. der Phys. Bd. 69 veröffentlichte Arbeit werden die älteren Versuche Villaris bestätigt und in einigen Punkten ergänzt, während auf der anderen Seite die Arbeit Villaris manches Interessante enthält, worauf sich meine Versuche nicht erstreckt hatten. Riecke.

gemacht, so senkt es sich sogleich, als ob es von den Kathodenstrahlen, die von ihm ausgehen und von dem antikathodischen Boden der Röhre reflektiert werden, zurückgestossen würde. Eine ähnliche, aber weniger energische Erscheinung beobachtet man, wenn die in dem Scheitel der Röhre befindliche Scheibe zur Kathode gemacht wird; es scheint, als gelänge es den vielen Kathodenstrahlen, die von der ausgedehnten Antikathode reflektiert werden, das Kreuz zu neigen und herunter zu ziehen, den Strahlen entgegen, welche direkt von der Kathode aus darauf treffen.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Helene Rhumbler.)

(Eingegangen 26. April 1900.)

Ein neues Barometer.

Von Karl T. Fischer.

1. Angeregt durch die Herren Proff. Dr. Sohncke (†) und Dr. Finsterwalder war ich mehrere Jahre lang damit beschäftigt, ein Konstruktionsprinzip zu finden, welches ein für Ballonzwecke brauchbares Luftdruckinstrument herzustellen erlaubt und nicht jene prinzipiellen Fehler mit sich bringt, an denen das Quecksilberbarometer und das Aneroid als Ballon-instrumente so sehr leiden: die Höhe der Quecksilbersäule in ersterem hört auf, ein einfaches Mass für den Luftdruck abzugeben, sobald sich der Ballon in beschleunigter Bewegung befindet, indem die Quecksilbersäule zu hoch bezw. zu tief steht, wenn der Ballon eine nach unten oder oben gerichtete Beschleunigung hat (Sohncke und Finsterwalder, Bemerkungen über die bei Ballonfahrten erreichbare Genauigkeit, Ztschr. für Luftschiffahrt u. Physik der Atmosphäre 1894, S. 177); die Aneroidangaben sind durch die unkontrolierbaren elastischen Nachwirkungen sehr entstellt (Jahresberichte des Münchener Vereins für Luftschiffahrt 1891, 1892 u. 1898). Solange man nur diese beiden Instrumente zur Höhenmessung verwenden kann, ist selbst bei Benützung bester Aneroide eine Genauigkeit der Höhenmessung von höchstens 50 m erreichbar. Obwohl nach den Untersuchungen von Finsterwalder photogrammetrische Aufnahmen im Ballon eine beträchtliche Erhöhung dieser Genauigkeit ermöglichen (vergl. Finsterwalder, „Ortsbestimmungen im Ballon", Illustrierte aeronautische Mitteilungen 2. Jahrg. 1899, S. 1 ff.), so muss doch ein Barometer, welches im bewegten Ballon unmittelbar die Höhen richtig anzeigt, ein verfolgenswertes Ziel der Messkunde bleiben.

2. Ausgehend von der dreifachen Forderung, dass ein solches Barometer 1) unabhängig von der Beschleunigung des Ballons, 2) so empfindlich wie das Quecksilberbarometer und 3) frei von elastischen Nachwirkungen sein müsse, bin ich zur Konstruktion des im folgenden kurz beschriebenen Barometers gelangt, das am besten charakterisiert ist als Cartesianischer Taucher, dessen Gewicht bei konstanter Temperatur des Tauchergefässes als Funktion des in seinem Innern herrschenden Gasdruckes zur Messung des äusseren Luftdruckes verwendet wird.

Beschreibung des Versuchsinstrumentes. („Luftdruckaräometer").

3. Der Barometerkörper (siehe Fig. 1) besteht aus einem aräometerförmigen Gefässe aus Glas; an den 30 cm langen Stiel schliesst sich eine Erweiterung an, welche unten eine 5 mm weite Öffnung *O* enthält und in eine mit Quecksilber zu füllende Kugel endigt. Die Erweiterung ist gegen den Raum im Stielrohre an der Stelle *T* hermetisch durch Glas abgeschlossen. Füllt man die Erweiterung mit Wasser, etwa so weit, dass der Raum *V* von Flüssigkeit frei bleibt und bringt man in die Kugel eine geeignete Menge *Hg*, so wird der Aräometerkörper in einem mit Wasser gefüllten Gefäss *AA* sich in eine bestimmte Gleichgewichtslage einstellen, welche dadurch bedingt ist, dass die von dem ganzen Körper verdrängte Wassermenge gerade soviel wiegt, wie das Aräometer. Da das Volumen *V* sich ändert, wenn der auf das Wasser in *AA* wirkende Luftdruck sich verändert, so ändert sich auch die durch *V* verdrängte Wassermenge, und so stellt sich bei verschiedenem Luftdruck das Aräometer verschieden tief ein. Hält man die Temperatur konstant, so lässt sich vermittelst einer in dem Stielrohre angebrachten Skala das Instrument zur Messung des Luftdrucks verwenden.

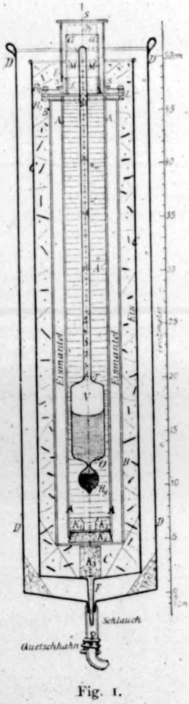

Fig. 1.

Das Gefäss AA ist aus einem $^1/_2$ mm starken Messingrohre hergestellt, welches bis an den Rand mit destilliertem Wasser gefüllt ist. AA ist in ein ähnliches zweites Gefäss BB eingesetzt. Oben ist BB in eine ringförmige Platte R_1 eingelötet, und in der Mitte derselben eine Öffnung ausgespart, welche gerade gestattet, den Cylinder AA in BB einzusetzen. Auf R_1 wird mittelst Lederzwischenlage und Schrauben eine ähnliche zweite Scheibe R_2 aufgesetzt und zwar so, dass AA gegen BB hin wasserdicht abgeschlossen ist. Mit R_2 steht die Ablesemarke in fester Verbindung, indem in R_2 zwei kurze Rohrstutzen EE eingelötet sind, die zwischen sich ein Glasrohr GG mit Siegellack oder Bleiglättekittdichtung aufnehmen. Auf GG ist eine feine Ringmarke MM eingeätzt, an welcher die Stellung der Aräometerskala abgelesen wird. Dem Zwecke, den Glaskörper während des Transportes gegen Stoss zu schützen, dient der Korkanschlag K_1 am Boden von AA und ein in das Glasrohr einsetzbarer Gummipfropfen (P) — punktiert gezeichnet —, und schliesslich ist noch zum Schutze des Glasrohres eine Messingrohrkappe SS in R_2 eingeschraubt.

Um den Innenraum von AA auf konstanter Temperatur zu halten, wird zwischen AA und BB, ähnlich wie beim Bunsenschen Eiskalorimeter ein Eismantel eingefroren und dieser Eismantel selbst wird durch das mit Eis gefüllte Gefäss CC gegen Schmelzen geschützt. Für die Zeit der Ablesung wird Gefäss BB etwas emporgehoben. CC ist durch ein weiteres Blechgefäss DD thermisch geschützt. Der Zwischenraum C—D ist entweder mit Eis oder trockener Schafwolle oder sonst mit Isoliermaterial ausgefüllt. Die drei an DD angelöteten Haken dienen dazu, das Instrument im Ballon aufzuhängen.

Das Schmelzwasser wird durch den in F angesetzten Schlauch abgelassen oder es wird, falls die Aussentemperatur unter 0^0 sinkt, durch den Schlauch Schmelzwasser wieder zurücklaufen gelassen. K_1, K_2, K_3 stellen Kork vor.

Nach den bei einer Ballonfahrt am 10. Juni 1899 mit diesem Instrumente gemachten Erfahrungen blieb die Innentemperatur während der Fahrt während der 6 Stunden von früh 5 bis vormittags 11 Uhr, in denen Temperaturmessungen gemacht wurden, konstant.

4. Die Gleichgewichtslage des Aräometers ist dadurch gegeben, dass das Gewicht des Aräometers (= Gewicht der Glasteile + Gewicht des Quecksilbers + dem der eingeschlossenen Luft) gleich ist dem Gewicht der durch die eintauchenden Teile verdrängten Wassermenge.

Es führt diese Gleichung zur folgenden (angenäherten) Beziehung zwischen der Luftdruckdifferenz (b—b_0) und der Verschiebung (a—a_0) des Stielrohres:

$$b-b_0 = (a-a_0)\left\{\frac{p_0 \cdot q}{v_0 - (a-a_0)q} - \frac{Q-q}{Q} \cdot \frac{s}{\sigma}\right\},$$

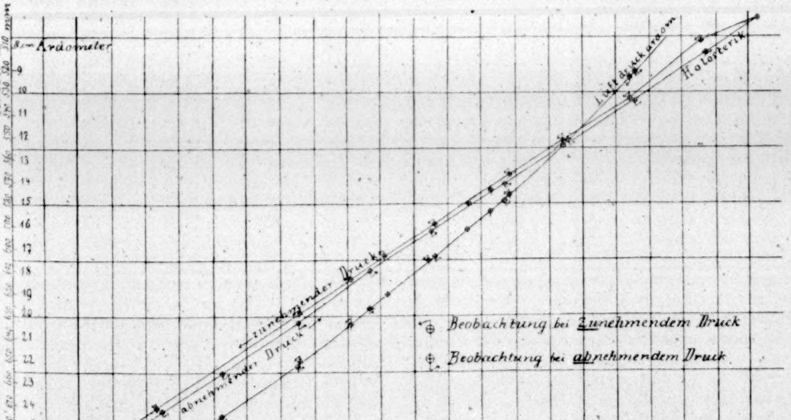

Fig. 2.

wo v_0 das zu einem bestimmten Druck p_0 im Inneren des Tauchers gehörige Volum des eingeschlossenen Gases ist,

q u. Q bezw. die Querschnitte des cylindrischen Stielrohres und des Innenraumes der Erweiterung V,

s u. σ bezw. die spez. Gewichte von Wasser und Quecksilber bedeuten.

5. Aus der Gleichgewichtsbedingung geht hervor, dass das Instrument unempfindlich gegen vertikale Beschleunigungen ist; es lässt sich dies sofort durch den Versuch bestätigen, wenn man es in einem Fahrstuhle während des Anfahrens oder Anhaltens beobachtet, oder schon, wenn man es direkt rasch hebt und senkt: es bleibt dabei die Einstellung unverändert. Die Beobachtung des Luftdruckaräometers während der Ballonfahrt vom 10. Juni 1899 durch Herrn Prof. Finsterwalder liess ebenfalls erkennen, dass das Instrument sich aperiodisch und unabhängig von den Ballonbeschleunigungen einstellt.

Um zu erkennen, ob das Instrument Nachwirkungen zeigt, die namentlich dann zu fürchten sind, wenn die Füllflüssigkeit leicht verdampft, habe ich im Laboratorium mehrfach Versuche angestellt, bei welchen ein Quecksilberbarometer, ein kompensiertes Holosteric-Aneroid und mein Luftdruckaräometer in Kommunikation mit einem grossen an die Luftpumpe angeschlossenen Glasballon von 80 l Inhalt standen und Druckänderungen von 5 zu 5 Minuten vorgenommen wurden. Fig. 2 zeigt die Überlegenheit des benützten Instrumentes (Fig. 1) gegenüber dem Aneroid sehr deutlich.

6. Die Empfindlichkeit des Luftdruckaräometers lässt sich erheblich steigern, wenn man die Volumänderung der im Taucher abgesperrten Luft V nicht auf die Volummessung des eintauchenden Stieles zurückführt, sondern auf Wägung, indem man den Taucherkörper bei T abschmilzt, an einen feinen Platindraht knüpft und etwa mit Hülfe der Mohrschen Wage wiegt. In diesem Falle befreit man sich von den kapillaren Störungen, welche sich am Stiele geltend machen und hat die Temperaturleitung nach dem Inneren des auf 0° C. zu haltenden Raumes auf ein Minimum reduziert. Die Abhängigkeit des äusseren Luftdruckes (b, b_0) vom entsprechenden Gewichte (P, P_0) des Taucherkörpers ist durch die Formel:

$$b - b_0 = P - P_0 \left\{ \frac{p_0}{v_0 s - (P - P_0)} + \frac{q + Q}{\sigma \cdot q \cdot Q} \right\}$$

gegeben, in welcher v_0, p_0, s u. σ die gleiche Bedeutung haben, wie oben, während q den inneren Querschnitt von V, Q den Querschnitt der Flüssigkeit im Rohre AA bezeichnen.

Besonders geeignet ist für diese Wägungen die von Bezold angegebene Form der Mohrschen Wage, welche an einem Gradbogen die Gewichte von 0.00 bis 10.00 g abzulesen erlaubt (zu beziehen von Böhm und Wiedemann in München, Sonnenstrasse).

Eine eingehende Beschreibung der Instrumente und der mit ihnen und ähnlichen ausgeführten Versuche wird in einem der nächsten Hefte der Meteorologischen Zeitschrift (herausgegeben von J. Hann in Wien) erscheinen.

München, Ende Mai 1900.

Physikalisches Institut der Techn. Hochschule.

(Eingegangen 30. Mai 1900.)

Gedanken über den elektrischen Ausgleich in Gasen, insbesondere über das elektrische Leuchten.

Von J. Stark.

I.

1. Einleitung. — Es soll hier nicht eine eingehende Analyse des elektrischen Ausgleichs in Gasen noch des Leuchtens eines Gasteilchens gegeben werden. Es soll vielmehr in der Hauptsache eine Erklärung der Erscheinung versucht werden, dass in elektrisch durchströmten Gasen die Stärke des ausgestrahlten Lichtes an verschiedenen Stellen verschieden gross ist, oder dass ein durchströmtes Gas leuchtende und dunkle Partien zeigt; und es soll eine Vermutung über den Zusammenhang der Art des elektrischen Ausgleichs in Gasen mit dem elektrischen Leuchten entwickelt werden. Entsprechend der Schwierigkeit der Aufgabe und der Neuheit gewisser Überlegungen musste dabei etwas weiter ausgeholt werden, als den Absichten dieser Zeitschrift entspricht. Gleichwohl konnten aber auch so nicht die Betrachtungen so eingehend und exakt gehalten werden, als ich es in einer Veröffentlichung in den Annalen der Physik zu thun gedenke. In dieser soll auch die einschlägige Litteratur mitgeteilt und besprochen werden.

2. Spannungsgefälle und Lichtstärke. — Da das Leuchten eines durchströmten Gases seine letzte Ursache in dem elektrischen Ausgleich hat, so ist von vorne herein zu erwarten, dass die räumliche Variation der Stärke des ausgestrahlten Lichtes in gewisser Weise parallel gehe der räumlichen Variation der Eigenschaften des elektrischen Ausgleichs. In dieser Zeitschrift (1. Jahrg. S. 359, 1900) und an anderer Stelle habe ich darauf hingewiesen, dass die Verteilung des Leuchtens durchströmter Gase parallel geht dem Verlauf des Spannungsgefälles, insbesondere, dass da, wo das Gefälle ein relatives Maximum hat, das durchströmte Gas in der Regel leuchtet und dass es da dunkel ist oder vielmehr

schwach leuchtet, wo das Gefälle ein relatives Minimum hat. Zu beachten ist hierbei, dass die Stärke des Leuchtens nicht von dem absoluten Werte des Gefälles abhängt, sondern nur an relativen Maxima desselben gross ist.

3. Leuchten und Kathodenstrahlen. — Viele Körper werden zum Leuchten angeregt, wenn sie von Kathodenstrahlen, d. h. von bewegten negativen Teilchen getroffen werden. Auch für Gase hat man dies nachgewiesen, indem man Kathodenstrahlen aus dem Entladegebiet heraus in gas- oder dampferfüllte Räume treten liess. Und ausgehend von dieser Thatsache ist von mehreren Seiten die Vermutung ausgesprochen worden, dass das Leuchten der negativen Glimmschicht von den Kathodenstrahlen verursacht werde, die von der Kathode herkommen. Aber beschränkt man sich auf diese Auffassung, so bleibt unerklärt, warum denn der dunkle Raum nicht leuchtet, der zwischen der Kathode und dem Anfang der negativen Glimmschicht liegt und doch sicherlich von zahlreichen negativen Ionen mit grosser Geschwindigkeit (Kathodenstrahlen) durchflogen wird. Unerklärt bleibt ausserdem das Leuchten in der positiven geschichteten oder ungeschichteten Lichtsäule.

II.

1. Positive und negative Lagen. — Wendet man die Gleichung $\triangle V = -4\pi\varrho$ (V Potential, ϱ räumliche Dichte) auf durchströmte Gase an, so lässt sich aus den Grahamschen[1]) Kurven des Spannungsgefälles in durchströmten Gasen entnehmen, dass innerhalb dieser räumliche Ladungen vorhanden sind. Nun ist ja freilich die Anwendung jener Gleichung auf den vorliegenden Fall nicht einwandsfrei; aber eine genauere Untersuchung ergiebt gleichwohl ebenfalls, dass in einem durchströmten Gas Partien (Lagen) vorhanden sind, in denen positive Ionen gegenüber der Zahl der negativen im Überschuss vorhanden sind und umgekehrt; und zwar ist der nach der Anode zu gelegene Abhang eines Maximums des Gefälles positiv, der nach der Kathode zu gelegene Abhang negativ geladen.

An anderer Stelle mag das Auftreten der positiven und negativen Lagen eingehend behandelt werden. Hier seien nur folgende zwei Sätze hingestellt. Das Auftreten positiver und negativer Lagen hat seinen letzten Grund in dem thatsächlich erwiesenen Unterschiede der Geschwindigkeiten der positiven und negativen Gasionen. Die gesamte für uns messbare Intensität eines Stromes durch ein Gas ist als eine für alle Querschnitte konstante gleiche Summe eines Stromes positiver und eines Stromes negativer Teilchen aufzufassen; die Glieder dieser Summe oder ihre Differenz können in verschiedenen Querschnitten verschieden gross sein.

2. Relative Bewegung der Ionen an Maximal- und Minimalstellen des Gefälles. — Die Existenz der positiven und negativen Lagen ist hier abgeleitet aus dem Auftreten von Maximal- und Minimalwerten des Gefälles. Setzt man umgekehrt hypothetisch die positiven und negativen Lagen als das primär Gegebene voraus, so kann man folgern, dass zwischen einer positiven Lage (Anodenseite) und einer negativen (Kathodenseite) das Gefälle ein Maximum hat. Zwischen einer negativen Lage und einer positiven (Richtung von der Anode zu der Kathode) dagegen muss ein Minimum des Gefälles liegen.

Die positiven Ionen im durchströmten Gase werden nun von der elektrischen Kraft in der Richtung von der Anode zur Kathode getrieben, die negativen Ionen in der entgegengesetzten Richtung. In einem Gefällemaximum werden darum negative Ionen aus einer negativen Lage heraus in eine positiv elektrisierte Lage hineingetrieben; positive Ionen dagegen werden aus einer positiven Lage gegen eine negative hingetrieben. Dabei ist zu beachten, dass die negativen Ionen vermöge ihrer grösseren Geschwindigkeit eine längere Strecke durcheilen als die positiven. Bei grösseren Geschwindigkeitsdifferenzen ist es gerade so, wie wenn die positiven Ionen stillständen und die negativen allein sich bewegten und zwar auf die ersteren zu. Dies im Auge behaltend kann man folgendes sagen: An einem Gefällemaximum bewegen sich positive und negative Ionen gegen einander, getrieben von der elektrischen Kraft. Und zwar umfasst diese Gegenwanderung nur einen kleinen Teil des Anfanges der dortigen negativen Lage (Richtung von der Anode zu der Kathode), dagegen einen relativ beträchtlichen Teil des Endes der dortigen positiven Lage, oder mit anderen Worten, die Gegenwanderung (ausgedrückt in einem gewissen Masse) positiver und negativer Ionen an einem Gefällemaximum nimmt nach der Kathode zu rasch ab, wird dagegen nach der Anode zu nur langsam kleiner.

In einem Gefälleminimum oder zwischen einer negativen und positiven Lage liegen die Verhältnisse anders. Von ihm werden nach der Kathode zu positive Ionen in die positive Lage hinein weggetrieben; es bewegen sich durch dasselbe unter dem Einfluss der elektrischen Kraft nach der Anode zu in der Hauptsache nur negative Ionen. In einem Gefälleminimum ist also nur wenig Gegen-

1) W. P. Graham, Wied. Ann. 64, S. 49. 1897.

wanderung positiver und negativer Ionen vorhanden.

3. Ionisierung und Gefällemaxima. — Wir wissen, dass wenn in einem Gase die elektrische Kraft des Feldes eine gewisse Grenze überschreitet, ungleichnamige Ionen aus Gasteilchen von einander gelöst und darauf, indem eine disruptive Entladung erfolgt, gegen einander von der elektrischen Kraft verschoben werden. Findet innerhalb eines durchströmten Gases unter der Wirkung des Gesamtfeldes (Feld herrührend von sämtlichen in Betracht kommenden Elektrizitätsmengen) eine solche Ionisierung statt, so ist dies vor allem da der Fall, wo das Gefälle (die elektrische Kraft) ein Maximum hat.

III.

1. Anregung eines Massenteilchens zu Schwingungen. — Unter Massenteilchen sei hier ein System von Centren verstanden, die durch innere Kräfte verbunden sind. Wird das Gleichgewicht in einem solchen Massenteilchen durch äussere Kräfte gestört oder wird das Teilchen deformiert und tritt dann eine im Vergleich zu der Dauer einer Schwingung, deren das Massenteilchen fähig ist, schnelle Abnahme der deformierenden Kräfte ein, so strebt dieses unter dem Einfluss seiner inneren Kräfte in seinen ungestörten Gleichgewichtszustand zurückzukehren, geht aber bei Auftreten lebendiger Kraft oder bei geringer Dämpfung über diesen hinaus, um dann wieder umzukehren, oder kurz: es gerät in Schwingungen. Allgemeiner und präziser lässt sich der vorstehende Gedanke in folgender Form aussprechen. Erfährt ein schwingfähiges Massenteilchen unter dem Einflusse äusserer Kräfte (hierin seien auch mechanische Stosskräfte inbegriffen) Deformationen oder Störungen seines Gleichgewichtszustandes und variieren diese äusseren Kräfte zeitlich schnell im Vergleich zu seinen Schwingungsperioden, so gerät es in Schwingungen.

Die mittlere Intensität der Strahlung, die von einem zu Schwingungen angeregten Massenteilchen ausgesandt werden kann, nimmt zu mit der Zahl der in der Volumeneinheit schwingenden Massenteilchen und ist proportional der mittleren Intensität der Schwingungen der einzelnen Teilchen, und diese selbst wächst mit der Grösse der zeitlichen Änderung der anregenden äusseren Kräfte.

Variiert nun räumlich die Strahlungsintensität eines Volumens, so kann man gemäss dem Vorstehenden schliessen, dass in dem betreffenden Volumen die Zahl der zu Schwingungen angeregten Massenteilchen oder die Intensität der Schwingung der einzelnen Teilchen räumlich variiert.

2. Zeitliche Variation von Kräften in durchströmten Gasen. — Mit einer zeitlichen Änderung der elektrischen Kraft ist nach den Maxwellschen Gleichungen immer auch eine Änderung der magnetischen Kraft verbunden. Unter elektromagnetischem Gesamtfeld soll nun hier das Feld verstanden werden, das bestimmt ist durch die elektrischen und magnetischen Kräfte sämtlicher in Betracht kommender Elektrizitätsmengen und Stromelemente. Unter elektromagnetischem Ionenfeld soll das (elektrische und magnetische) Feld verstanden sein, das auf kurze Entfernung rings ein Ion umgiebt.

In einem Gase mit einem elektromagnetischen Gesamtfeld kann nun, wie bereits gesagt wurde, das Gefälle (die elektrische Kraft) so gross werden, dass das Gas ionisiert wird, indem eine disruptive Entladung eintritt. Mit dieser ist aber eine sehr schnelle zeitliche Änderung des Gesamtfeldes verbunden. In Gasen kann also durch disruptive Entladung eine schnelle zeitliche Variation des Gesamtfeldes auftreten.

Nun darf der Fall nicht ausgeschlossen werden, dass in einem Gase das elektromagnetische Gesamtfeld, insofern es Mittel- oder Summenwerte der in Betracht kommenden Grössen giebt, zeitlich so gut wie konstant ist. Aber auch in diesem Falle, also unter allen Umständen wird in einem Gase, wenn in ihm überhaupt eine elektrische Strömung stattfindet, das einzelne elektromagnetische Ionenfeld zeitlich variieren. Diese Variation des Ionenfeldes kommt dadurch zu stande, dass das bewegte positive oder negative Ion in unmittelbarer Nähe an einem elektrischen oder unelektrischen Teilchen vorbeiwandert oder direkt mit ihm zusammenstösst. Besonders wenn das wandernde Ion einem anderen sehr oder unendlich nahe kommt, ist die zeitliche Variation der Ionenfelder eine bedeutende. Doch ist dabei zu beachten, dass gleichnamige Ionen nur, wenn sie eine sehr grosse relative Geschwindigkeit besitzen, einander sehr nahe kommen können und im übrigen einander zu meiden suchen, dass also gleichnamige Ionen gegenseitig ihre Felder zeitlich nur sehr wenig variieren. Dagegen ist zwischen ungleichnamigen Ionen gerade das Gegenteil der Fall. Sie ändern ihre Felder nicht nur da, wo sie sich zufällig auf ihrer Wanderung begegnen; sondern sie ziehen sich gegenseitig an, und so weit es ihnen möglich ist, verlassen sie die ursprüngliche Richtung ihrer Geschwindigkeit, schiessen hart an einander vorbei oder treffen auf einander und ändern dabei zeitlich stark und schnell ihr Feld.

Neben der zeitlichen Variation des elektro-

magnetischen Gesamt- oder Ionenfeldes müssen als äussere Kräfte, die Massenteilchen zu Schwingungen anregen können, noch die mechanischen Stosskräfte aufprallender Ionen genannt werden. Diese treten dann auf, wenn durch Zusammenstoss auch die Ionenfelder eine starke Änderung erfahren.

Zu beachten ist, dass die zeitlichen Änderungen der elektromagnetischen Ionenfelder deswegen in gewöhnlichen Leitern so gut wie nicht, wohl aber in Gasen in Betracht kommen und Wirkungen hervorrufen müssen, weil dort nicht, wohl aber hier grosse Ionengeschwindigkeiten und darum starke und schnelle Änderungen der Ionenfelder auftreten.

3. Räumliche Variation der Impulse und der dadurch bewirkten Strahlung in einem durchströmten Gase. — Ermitteln wir nun, wie wir auf Grund der entwickelten Vorstellungen über den elektrischen Ausgleich in durchströmten Gasen uns die Verteilung von Impulsen vorzustellen haben. Impulse nämlich sollen im folgenden der Kürze halber die zeitlichen Änderungen der im vorstehenden gekennzeichneten Kräfte genannt werden.

Denken wir uns, um Anschaulichkeit zu gewinnen, einen speziellen aber typischen Fall, nämlich eine durchströmte cylindrische Gassäule, in der die positive Lichtsäule geschichtet ist.

Fassen wir zunächst nur solche Zusammenstösse der Ionen mit anderen Teilchen in das Auge, die ohne gegenseitige Anziehung und dadurch bewirkte Änderung der Bewegungsrichtung lediglich dadurch erfolgen, dass die wandernden Ionen zufällig anderen Teilchen begegnen. Die dadurch erzeugten zufälligen Impulse verteilen sich, was ihre Anzahl betrifft, bei gleichmässiger Dichte des Gases ziemlich gleichmässig durch die ganze Gassäule. Doch sind dann die Impulse stärker und erregen betroffene Massenteilchen zu stärkerer Schwingung bezw. intensiverer Strahlung, wenn die Geschwindigkeit der Ionen sehr gross ist. Dies trifft überall da zu, wo das Gefälle gross ist; so in dem ins Auge gefassten Fall an der Kathode. In der Nähe von dieser wird darum das Gas und die Röhrenwand oder irgend ein ihr genäherter Körper zu stärkerem Leuchten durch wandernde negative Ionen angeregt als an anderen Stellen, wo diese infolge eines kleineren Gefälles eine kleinere Geschwindigkeit besitzen. Auch nur an Stellen mit sehr grossem Gefälle wie an der Kathode ist zu erwarten, dass die viel langsamer als die negativen wandernden positiven Ionen getroffene Massenteilchen zum Leuchten anregen (Leuchten unter dem Einflusse von Kanalstrahlen).

Die durch die zufälligen Impulse infolge der Ionenwanderung angeregte Strahlung hängt nun bei konstanter Temperatur ab von den in der Volumeneinheit enthaltenen Gasteilchen, also von der Dichte oder dem Drucke. Bei konstanter Geschwindigkeit der wandernden Ionen in einem Querschnitt und konstanter Stromdichte ist darum das Leuchten infolge der zufälligen Impulse proportional dem Drucke und darum bei den niedrigen Drucken, bei denen in der Regel gearbeitet wird, so gering, wie es in den dunklen Räumen der Fall ist.

Würden nun in einem Gase nur zufällige Impulse vorkommen, und würden die Zahlen der positiven und negativen Ionen zwar im allgemeinen variabel, aber in jedem Volumenelemente gleich gross sein, so würden keine relativen Maxima und Minima des Leuchtens auftreten können. Sowie jedoch positive und negative Lagen in einem durchströmten Gase vorhanden sind, gesellen sich da, wo positive und negative Ionen sich gegen einander bewegen, zu den zufälligen noch erzwungene Impulse infolge der Anziehung der gegen einander wandernden ungleichnamigen Ionen. Diese erzwungenen Impulse sind nicht nur viel zahlreicher (annähernd proportional dem Produkt der gegen einander wandernden Ionen), sondern wie oben dargelegt wurde, auch viel intensiver. Wo darum diese Gegenwanderung positiver und negativer Ionen stattfindet, ist die von einem durchströmten Gas ausgesandte Strahlung infolge der erzwungenen Impulse aus zwei Gründen viel intensiver als an Stellen, wo nur gleichnamige Ionen sich bewegen und darum nur zufällige Impulse auftreten.

Wie auseinander gesetzt wurde, findet nun an Stellen, wo das Gefälle ein Maximum hat, eine Gegenwanderung von positiven und negativen Ionen statt und zwar nimmt diese vom Maximum des Gefälles weg nach der Kathode zu rasch, nach der Anode zu langsam ab. Durch ein Minimum des Gefälles bewegen sich dagegen nach dem benachbarten Maximum zu in der Hauptsache nur negative Ionen. Gemäss dem Obigen muss darum die Intensität der Strahlung des Gases an Maximalstelle des Gefälles Maxima und an den Minimalstellen Minima haben. Und zwar müssen die Maxima der Strahlung, wie nach dem Gesagten klar wird, gegen die Kathode zu schnell kleiner werden und mehr oder weniger scharf begrenzt erscheinen, dagegen nach der Anode zu langsam abfallen.

Zur Veranschaulichung der besprochenen Vorgänge möchte ich an folgenden bekannten Versuch von Des Coudres[1]) erinnern. Aus einer Kathodenstrahlkapsel treten durch ein

1) Des Coudres, Verhandl. d. Phys. Gesellsch. z. Berlin, 17, S. 17. 1898.

Aluminiumfenster Kathodenstrahlen in die atmosphärische Luft. Hier zerstreuen sie sich und treffen zum Teil auf einen Fluorescenzschirm. Wird dieser positiv elektrisiert, so nimmt sein Leuchten zu, und bei negativer Elektrisierung nimmt es ab. Im ersten Fall ist nicht nur die Geschwindigkeit der auf den Schirm treffenden negativen Ionen grösser, sondern dieser saugt auch eine grössere Anzahl derselben an sich als wenn er unelektrisch ist. Die positiven Ionen in den positiven Lagen kann man sich demnach als positiv elektrisierte Leuchtschirme vorstellen.

Neben der im vorstehenden ausschliesslich ins Auge gefassten zeitlichen Variation der elektromagnetischen Ionenfelder in einem Gefällemaximum kann hier, wie dargelegt wurde, auch das elektromagnetische Gesamtfeld variieren und Schwingungen anregen; doch sind diese wahrscheinlich von einer anderen Art und Periode als die Schwingungen, welche die wohl viel schneller verlaufenden Variationen der einzelnen Ionenfelder hervorrufen.

4. Perioden der erregten Schwingungen. — Es ist bereits ausdrücklich gesagt worden, dass das Zustandekommen von Schwingungen eines Massenteilchens neben der Dämpfung in erster Linie dadurch bedingt ist, dass die zeitliche Änderung äusserer deformierender Kräfte schnell verlaufe im Verhältnis zu den Perioden, in denen das Massenteilchen zu schwingen fähig ist. Hieraus ergiebt sich ohne weiteres, dass Schwingungen mit um so kleineren Perioden in Erscheinung treten können, je schneller eine Änderung der deformierenden Kräfte verläuft.

In Anwendung auf elektrisch durchströmte Gase ist hieraus zu folgern, dass da, wo Gasionen auftreffen, Schwingungen mit um so kleinerer Periode sich zeigen können, je grösser die Geschwindigkeit der bewegten Ionen wird. So ist zu vermuten, dass mit zunehmender Geschwindigkeit der negativen Teilchen das Maximum der Intensität des von Gasen ausgestrahlten Lichtes von dem roten Teil des Spektrums nach dem violetten hin sich verschiebt, ferner dass der Unterschied in den Farben des positiven und des negativen Glimmlichtes nicht durch eine Verschiedenheit der Temperaturen des Gases, sondern der Geschwindigkeiten der wandernden Ionen bedingt ist.

5. Perspektiven. — Die im vorstehenden entwickelten Gedanken lassen sich, soweit ich bis jetzt gefunden habe, ungezwungen auf alle bekannten elektrischen Leuchterscheinungen in Gasen anwenden. Sie führen nicht nur zu einer Klassifizierung, einem tieferen Verständnis derselben und zu der Möglichkeit, den Charakter einer Gasentladung nach dem Anblick bis zu einem gewissen Mass zu beurteilen, sondern sie geben uns auch einen Fingerzeig, nach welchen Grundideen und in welcher Richtung wir vorzugehen haben, um gewisse Erscheinungen in Zusammenhang bringen und möglicherweise neue finden zu können.

Da wo wir mit unserem Auge oder mit entsprechenden Instrumenten ein relatives Maximum der Strahlung beobachten, können wir nach einem Maximum des Gefälles oder allgemeiner nach einer Gegenwanderung positiver und negativer Ionen suchen. Umgekehrt wo wir ein Maximum des Gefälles oder eine Gegenwanderung von Ionen oder eine disruptive Entladung feststellen können, aber mit unserem Auge keine Strahlung wahrnehmen, können wir eine solche mit Sicherheit vermuten und mit geeigneten Instrumenten suchen. Diese Vermutung ist auch für solche Stellen berechtigt, wo sehr schnell wandernde Ionen auf irgend welche Massenteilchen treffen. Endlich können wir durch Herstellung verschiedener Geschwindigkeiten der Ionen Schwingungen von grossen bis zu sehr kleinen Perioden zu gewinnen hoffen.

Göttingen, Phys. Inst. d. Univ., 1. Juni 1900.

(Eingegangen 3. Juni 1900.)

Personalien.

Der derzeitige Rektor der Universität Genf, Professor der Physik Charles Soret hat aus Gesundheitsrücksichten seinen Rücktritt vom Lehramte erklärt.

Professor Limpricht, Direktor des chemischen Instituts der Universität Greifswald, wird mit Schluss dieses Semesters in den Ruhestand treten.

Die kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien wählte zu korrespondierenden Mitgliedern Dr. Auer v. Welsbach, den Erfinder des Auerlichtes, Prof. Dr. Abbe in Jena und Prof. Dr. Klein in Göttingen.

Die Universität Krakau ernannte anlässlich ihrer 500jährigen Jubelfeier Professor Klein in Göttingen zum Ehrendoktor.

An der technischen Hochschule zu Berlin ist der Ingenieur Emil Heyn bei der Abteilung für Maschinen-Ingenieurwesen als Privatdozent zugelassen worden. Sein Lehrfach umfasst die Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen bei ihrer technischen Bearbeitung mit Berücksichtigung der wichtigsten Ergebnisse der Metallmikroskopie.

In der medizinischen Fakultät der Universität Zürich hat sich Dr. phil. et med. Adolf Oswald für das Fach der medizinischen Chemie habilitiert. In seiner Antrittsvorlesung behandelte derselbe das Thema: „Die Chemie im Dienste der Medizin."

Gesuche.

Owens College, Manchester. A Research Fellowship in Pure or Applied Physics of the value of £ 100 is offered Candidates must give evidence of being able to conduct an independent research, state if possible the nature of the research they intend to pursue and give particulars of their previous training and education. Preference will be given to the subject of Elektro Chemistry or Electrotechnics.

Applications should be sent in to the Registrar, from whom details of conditions may be obtained, not later than Juli 7th. **S. Chaffers,** Registrar.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.